پایان نامه کارشناسی ارشد

رفتار خمشی تیرهای بتنی مسلح با سنگدانه لیکا تقویت شده به وسیله میلگرد های GFRP به روش NSM

از

کسری مومنی نژاد

استاد راهنما:

دکتر علی صدر ممتازی

تیر ۱۳۹۳

بسم الله الرحمن الرحيم

پردیس دانشگاهی گیلان

گروه عمران

گرایش سازه

رفتار خمشی تیرهای بتنی مسلح با سنگدانه لیکا تقویت شده به وسیله میلگردهای GFRP به روش NSM

از

کسری مومنی نژاد

استاد راهنما

دکتر علی صدر ممتازی

تیر ۱۳۹۳

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

آن دو عزیزی که از خواسته هایشان گذشتند، تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم .

تقدیر و تشکر

با تشکر و سپاس فراوان از زحمات استاد گرامی ام جناب آقای دکتر علی صدر ممتازی که در طول این مدت با مشاوره، راهنمایی و پیگیری های بی دریغ خود، بنده حقیر را در انجام این پایان نامه یاری کردند.

و با تشکر از دوستان باوفایم مهندس محمد کدخدازاده ، مهندس ناصر سعیدی فر، مهندس مسعود کدخدازاده، و تمام کسانی که مرا در انجام امور آزمایشگاهی یاری کردند.

از مسئولین محترم آزمایشگاه جوشکاری بتن و خاک دانشکده فنی دانشگاه گیلان، آقای مهندس ایزدپناه خانم مهندس حاج جعفری و آقای مهندس کاتبی که در طول انجام آزمایش های مربوط به این رساله، نهایت همکاری را با اینجانب داشتند قدردانی می کنم.

فصل ۱ ..... ۱

مقدمه ۲

۱-۱ مقاوم سازی و اهداف آن ۲

۱-۱-۱ مقاوم سازی با مصالح FRP ۲

۱-۲ کلیات طرح مسئله ۲

۱-۳ اهداف کلی طرح ۳

۱-۴ مطالعات گذشته ۳

۱-۵ ساختار پایان نامه ۳

فصل ۲ مروری بر کامپوزیت FRP و بتن خودتراکم حاوی لیکا ۵

۲-۱ کامپوزیت FRP ۵

۲-۱-۱ FRP چیست ؟ ۵

۲-۱-۱-۱- مزایای استفاده از FRP در سازه های بتن آرمه [۱۴ و ۱۹- ۱۵] ۶

۲-۱-۱-۲- انواع فیبر [۱۳] ۶

۲-۱-۱-۲-۱- Glass-Fiber: فیبر شیشه ای ۶

۲-۱-۱-۲-۲- CFRP : فیبر کربنی ۷

۲-۱-۱-۲-۳- AFRP : فیبر آرامیدی ۸

۲-۱-۱-۳- رزین ها یا چسب های پلیمری ۹

۲-۱-۱-۳-۱- نقش ماتریس ۹

۲-۱-۱-۳-۲- پلیمر چیست ؟ ۹

۲-۱-۱-۳-۳- انواع رزین های پلیمری ترموست ۱۰

۲-۱-۱-۳-۴- معایب پلیمر ترموست ۱۲

۲-۱-۱-۴- روند تشکیل پیوند پلیمری با افزایش درجه حرارت ۱۲

۲-۱-۱-۵- اشکال مختلف کاربردی براساس نحوه تولید[۱۳] ۱۶

۲-۱-۱-۶- برخی از موارد کاربرد FRP [۱۶] ۱۶

۲-۱-۱-۷- میلگرد های FRP [۱۶] ۱۶

۲-۱-۱-۷-۱- مزایای استفاده از میلگرد FRP ۱۷

۲-۱-۱-۸- عوامل موثر در خواص مکانیکی FRP ۱۸

۲-۲ روابط مطالعه شده ۲۰

۲-۲-۱ روابط ارائه شده توسط آیین نامه ACI440.2R-02 [۲۳] ۲۰

۲-۳ بتن سبک سازه ای ۲۲
۲-۴ لیکا ۲۲
۲-۴-۱ مشخصات فنی سبکدانه لیکا : ۲۲
۲-۴-۲ تاریخچه لیکا ۲٤
۲-۵ بتن خود تراکم (SCC) ۲۴
۲-۵-۱ مبانی طراحی مخلوط بتن خود تراکم ۲۵
۲-۵-۲ کارایی طرح مخلوط بتن خود تراکم ۲٦
۲-۵-۳ مزایای بتن خود تراکم ۲٦
فصل ۳ پیشینه مقاوم سازی تیرهای بتن آرمه ۲۹
۳-۱ مقدمه ۲۹
۳-۲ ضرورت مقاوم سازی ۳۰
۳-۳ روش های مقاوم سازی ۳۱
۳-۳-۱ برخی از روش های مقاوم سازی سازه های بتن آرمه ۳۱
۳-۳-۲ اهداف مقاوم سازی ۳۱
۳-۳-۳ عوامل موثر در انتخاب روش مقاوم سازی ۳۱
۳-۴ انواع مقاوم سازی تیرهای بتن آرمه با مصالح FRP ۳۲
۳-۴-۱ تقویت خمشی تیرهای بتن آرمه با ورق زیرین FRP (FRP soffit plate) ۳۲
۳-۴-۱-۱- تقویت خمشی با ورق های زیرین تنیده نشده (Unstressed soffit plates) ۳۲
۳-۴-۱-۲- تقویت خمشی با مهار انتهایی برای ورق های تنیده نشده ۳۳
۳-۴-۱-۳- تقویت خمشی با ورق های پیش تنیده زیرین (Prestressed Soffit Plates) ۳۳
۳-۴-۲ تقویت برشی تیرها (Shear Strengthening of Beams) ۳٤
۳-۵ انواع شکست و رفتار مرسوم (FAILURE MODES AND TYPICAL BEHAVIOR) ۳۴
۳-۵-۱ انواع شکست در تقویت خمشی تیر بتن آرمه با مصالح FRP [۳۹] ۳۵
۳-۵-۱-۱ شکست ناشی از جداشدگی انتهای ورق های FRP از سطح بتن ۳٦
۳-۵-۱-۲- شکست ناشی از جداشدگی پوشش بتن در ناحیه کششی مقطع (Concrete cover separation) ۳٦
۳-۵-۱-۳- شکست ناشی از ترک خمشی میانی همراه با انهدام بتن در ناحیه فشاری مقطع ۳۷
۳-۵-۱-۴- شکست ناشی از گسیختگی ورق FRP در وسط تیر (FRP plate rupture) ۳۷
فصل ۴ مطالعات آزمایشگاهی ۳۹

۴-۱ مقدمه ۳۹
۴-۲ هدف انجام آزمایش ۳۹
۴-۳ طرح سازه ای تیرها ۴۰
۴-۴ نحوه ساخت تیرهای بتنی مسلح ۴۰
۴-۴-۱ کلیات ٤٠
۴-۴-۲ ساخت تیرهای بتنی مسلح حاوی سبکدانه لیکا ٤٠
۴-۴-۲-۱- بتن سبک سازه ای ٤٠
۴-۴-۲-۲- آماده سازی لیکا ٤٠
۴-۴-۲-۳- ماسه ٤١
۴-۴-۲-۴- وزن مخصوص لیکا و ماسه ٤١
۴-۴-۲-۵- جذب آب لیکا و ماسه ٤٢
۴-۴-۲-۶- میکروسیلیس ٤٢
۴-۴-۲-۷- فوق روان کننده ٤٢
۴-۴-۲-۸- طرح اختلاط بتن سبک ٤٣
۴-۴-۲-۹- طرح اختلاط بتن معمولی ٤٤
۴-۴-۱ آرماتور بندی، ، قالب بندی و بتن ریزی ٤٤
۴-۴-۲ عمل آوری تیرها ٤٥
۴-۵ روش های تقویت ۴۷
۴-۵-۱ تیرهای کنترلی LCB و CB ٤٨
۴-۵-۲ نحوه تقویت تیر های , LCB -NSM و CB -NSM ٤٨
۴-۵-۳ نحوه تقویت تیر LCB-NSM-P ٤٩
۴-۵-۴ نحوه تقویت تیرهای LCB-NSM-P-U-d و CB-NSM-U-d ٤٩
۴-۵-۵ نحوه تقویت تیرهای LCB-NSM-P-U-M ٥٠
۴-۵-۶ نحوه تقویت تیر LCB-NSM-P-S.B.M -A و LCB-NSM-P-S.B.M -B ٥١
۴-۵-۶-۱ روش پیشنهادی Shear steel Bars Mounting (S.B.M.)[۵۲] ٥١
۴-۶ معرفی مشخصات ورق و میلگرد FRP ۵۲
۴-۷ معرفی مشخصات چسب اپوکسی ۵۳
۴-۸ دستگاه بارگذاری، لوازم و تجهیزات اندازه گیری ۵۳
۴-۹ نحوه انجام آزمایش ۵۴

فصل ۵ بررسی نتایج حاصل از انجام آزمایش..... ۵۶

۵-۱ مقدمه..... ۵۶

۵-۲ مشاهدات آزمایشگاهی و بررسی نحوه شکست تیرها..... ۵۶

۵-۲-۱ نتایج آزمایش تیرهای کنترلی LCB و CB ۵۶

۵-۲-۲ نتایج آزمایش تیرهای LCB -NSM ۵۷

۵-۲-۳ نتایج آزمایش تیرهای LCB –NSM-P ۶۱

۵-۲-۴ نتایج آزمایش تیرهای LCB-NSM-P-U-d ۶۵

5-2-5 نتایج آزمایش تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-A ۶۹

۵-۲-۶ نتایج آزمایش تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-B..... ۷۳

۵-۲-۷ نتایج آزمایش تیرهای LCB-NSM-P-U-M ۷۷

۵-۲-۸ مقایسه تیرهای حاوی بتن سبک با تیرهای حاوی بتن معمولی..... ۸۱

۵-۳ بررسی رفتار بار- خیز میانی..... ۸۴

۵-۴ بررسی و مقایسه ظرفیت خمشی تیرها حاصل از آزمایش و حاصل از روابط آیین نامه ACI440.2R-02..... ۸۷

فصل ۶ نتایج و پیشنهادات..... ۹۰

۶-۱ خلاصه تحقیق..... ۹۰

۶-۲ نتیجه گیری حاصل از انجام آزمایشات..... ۹۰

۶-۳ پیشنهاد برای تحقیقات آینده..... ۹۱

منابع و مراجع..... ۹۴

فهرست شکل ها . . . . . .

شکل ۲-۱ ترکیب الیاف و رزین تشکیل دهنده FRP [۳۲] ۵

شکل ۲-۲ محدوده تنش- کرنش AFRP، CFRP و GFRP [۳۷] ۱۵

شکل ۲-۳ نمودار مقایسه تنش- کرنش انواع FRP و فولاد [۴۱] ۱۵

شکل ۳-۱ - انواع شکست در تقویت خمشی تیر بتن آرمه با ورق های FRP ۳۶

شکل ۴-۱ نمودار دانه بندی لیکا ۴۱

شکل ۴-۲ آرماتور بندی تیرها ۴۴

شکل ۴-۳ قالب بندی و بتن ریزی تیرها ۴۵

شکل ۴-۴ باز کردن قالب تبرها ۴۶

شکل ۴-۵ عمل آوری تبرها در استخر آب ۴۶

شکل ۴-۶ نحوه شکست نمونه های مکعبی ۴۷

شکل ۴-۷ نحوه تقویت تیرها به روش NSM ۴۷

شکل ۴-۸ مقطع طولی و عرضی تیرLCB و CB ۴۸

شکل ۴-۹ مقطع طولی و عرضی تیرLCB -NSM و CB -NSM ۴۸

شکل ۴-۱۰ مقطع طولی و عرضی تیرLCB-NSM-P ۴۹

شکل ۴-۱۱ مقطع طولی و عرضی تیرLCB-NSM-P-U-D ۴۹

شکل ۴-۱۲ مقطع طولی و عرضی تیرCB-NSM-U ۵۰

شکل ۴-۱۳ مقطع طولی و عرضی تیرLCB-NSM-P-U-M ۵۰

شکل ۴-۱۴ مقطع طولی و عرضی تیرLCB-NSM-P-S.B.M - A ۵۱

شکل ۴-۱۵ مقطع طولی و عرضی تیرLCB-NSM-P-S.B.M - B ۵۱

شکل ۴-۱۶ دستگاه بارگذاری UNIVERSAL ۵۳

شکل ۴-۱۷ کرنش سنج های مکانیکی متصل شده به سطح تیرهای بتنی..... ۵۴
شکل ۴-۱۸ نحوه قرار دادن تیر بر روی دستگاه بارگذاری یونیورسال..... ۵۴
شکل ۵-۱ نحوه شکست تیرهای کنترلی LCB و CB..... ۵۷
شکل ۵-۲ نحوه تقویت وشکست تیرهای LCB -NSM..... ۵۸
شکل ۵-۳ نمودار بار – خیز میانی تیر LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۵۸
شکل ۵-۴- نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۵۹
شکل ۵-۵ نمودار بار – کرنش کششی تیرLCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۵۹
شکل ۵-۶ نمودار بار – کرنش فشاری تیر LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۰
شکل ۵-۷ نحوه شکست تیرهایLCB –NSM-P..... ۶۲
شکل ۵-۸ نمودار بار – خیز میانی تیرP- LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۲
شکل ۵-۹- نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB –NSM-P در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۳
شکل ۵-۱۰ نمودار بار – کرنش کششی تیرP- LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۳
شکل ۵-۱۱ نمودار بار – کرنش فشاری تیرP- LCB -NSM در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۴
شکل ۵-۱۲ نحوه شکست تیرهای LCB-NSM-P-U-D..... ۶۵
شکل ۵-۱۳ نحوه شکست تیرهای LCB-NSM-P-U-D..... ۶۶
شکل ۵-۱۴ نمودار بار – خیز میانی تیر LCB-NSM-P-U-D در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۶
شکل ۵-۱۵ نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB-NSM-P-U-D در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۷
شکل ۵-۱۶ نمودار بار – کرنش کششی تیر LCB-NSM-P-U-D در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۷
شکل ۵-۱۷ نمودار بار – کرنش فشاری تیر LCB-NSM-P-U-D در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۶۸
شکل ۵-۱۸ نحوه تقویت تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-A..... ۶۹
شکل ۵-۱۹ نحوه شکست تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-A..... ۷۰
شکل ۵-۲۰ نمودار بار – خیز میانی تیر LCB -NSM-P-S.B.M-A در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۱
شکل ۵-۲۱ نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB -NSM-P-S.B.M-A در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۱
شکل ۵-۲۲ نمودار بار – کرنش کششی تیر LCB -NSM-P-S.B.M-A در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۲

شکل ۵-۲۳ نمودار بار – کرنش فشاری تیر LCB -NSM-P-S.B.M-A در مقایسه با تیر کنترلی LCB ۷۲
شکل ۵-۲۴ نحوه تقویت تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-B..... ۷۴
شکل ۵-۲۵ نحوه شکست تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-B ۷۴
شکل ۵-۲۶ نمودار بار – خیز میانی تیر LCB -NSM-P-S.B.M-B در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۵
شکل ۵-۲۷ نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB -NSM-P-S.B.M-B در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۵
شکل ۵-۲۸ نمودار بار – کرنش کششی تیر LCB -NSM-P-S.B.M-B در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۶
شکل ۵-۲۹ نمودار بار – کرنش فشاری تیر LCB -NSM-P-S.B.M-B در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۶
شکل ۵-۳۰ نحوه تقویت تیرهای LCB-NSM-P-U-M ۷۷
شکل ۵-۳۱ نحوه شکست تیرهای LCB-NSM-P-U-M..... ۷۸
شکل ۵-۳۲ نمودار بار – خیز میانی تیر LCB-NSM-P-U-M در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۸
شکل ۵-۳۳ نمودار بار – خیز محل اعمال بار تیر LCB-NSM-P-U-M در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۹
شکل ۵-۳۴ نمودار بار – کرنش کششی تیر LCB-NSM-P-U-M در مقایسه با تیر کنترلی LCB..... ۷۹
شکل ۵-۳۵ نمودار بار – کرنش فشاری تیر LCB-NSM-P-U-M در مقایسه با تیر کنترلی LCB ۸۰
شکل ۵-۳۶ نمودار بار – خیز میانی تیر CB در مقایسه با تیر LCB..... ۸۲
شکل ۵-۳۷ نمودار بار – خیز میانی تیر CB-NSM در مقایسه با تیر LCB-NSM ۸۲
شکل ۵-۳۸ نمودار بار – خیز میانی تیر CB-NSM-U-D در مقایسه با تیر LCB-NSM-P-U-D..... ۸۳
شکل ۵-۳۹ نمودار خیز- لنگر خمشی در روابط بسط داده شده TOUTANJI و همکارانش ۸۴
شکل ۵-۴۰ نمودار درصد تغییرات بار حد جاری شدن میلگرد های کششی در تیرهای بتنی مسلح حاوی بتن سبک نسبت به نمونه کنترل ۸۵
شکل ۵-۴۱ نمودار درصد تغییرات خیز حد جاری شدن میلگرد های کششی در تیرهای بتنی مسلح حاوی بتن سبک نسبت به نمونه کنترل..... ۸۶
شکل ۵-۴۲ نمودار درصد تغییرات بار حد نهایی در تیرهای بتنی مسلح حاوی بتن سبک نسبت به نمونه کنترل ۸۶
شکل ۵-۴۳ نمودار درصد تغییرات خیز حد نهایی در تیرهای بتنی مسلح حاوی بتن سبک نسبت به نمونه کنترل ۸۷
شکل ۵-۴۴ نمودار درصد تغییرات شکل پذیری در تیرهای بتنی مسلح حاوی بتن سبک نسبت به نمونه کنترل ۸۷

فهرست جداول

جدول ۲-۱ خصوصیات مکانیکی نمونه برای کامپوزیت های AFRP، CFRP و GFRP ۱۳

جدول ۲-۲ خصوصیات مکانیکی نمونه برای کامپوزیت های AFRP، CFRP و GFRP ۱۴

جدول ۲-۳- نتایج تحقیقات (MEOER AND WINISTORFER) بر روی مقایسه کیفی بین فیبرهای ARAMID، CARBON و E-GLASS.. ۱۴

جدول ۴-۱مشخصات فوق روان کننده ۴۳

جدول ۴-۲طرح اختلاط یک متر مکعب بتن سبک ۴۳

جدول ۴-۳ طرح اختلاط یک متر مکعب بتن معمولی ۴۴

جدول ۴-۴ مشخصات میلگرد GFRP ۵۲

جدول ۴-۵ مشخصات چسب اپوکسی ۵۳

جدول ۵-۱نتایج آزمایشهای تیرهای LCB –NSM و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۰

جدول ۵-۲نتایج آزمایشهای تیرهای LCB –NSM و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۱

جدول ۵-۳ نتایج آزمایشهای تیرهایP-NSM– LCB و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۴

جدول ۵-۴ نتایج آزمایشهای تیرهایP-NSM– LCB و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۵

جدول ۵-۵ نتایج آزمایشهای تیرهایD-LCB-NSM-P-U و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۸

جدول ۵-۶ نتایج آزمایشهای تیرهای D-LCB-NSM-P-U و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۶۸

جدول ۵-۷ نتایج آزمایشهای تیرهایA-LCB -NSM-P-S.B.M و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۷۳

جدول ۵-۸ نتایج آزمایشهای تیرهایA-LCB -NSM-P-S.B.M و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۷۳

جدول ۵-۹ نتایج آزمایشهای تیرهایB-LCB -NSM-P-S.B.M و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۷۷

جدول ۵-۱۰ نتایج آزمایشهای تیرهای LCB -NSM-P-S.B.M-B و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۷۷

جدول ۵-۱۱ نتایج آزمایشهای تیرهای LCB-NSM-P-U-M و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۸۰

جدول ۵-۱۲ نتایج آزمایشهای تیرهای LCB-NSM-P-U-M و درصد تغییرات نسبت به نمونه کنترل ۸۰

جدول ۵-۱۳ مقایسه نتایج آزمایش تیرهای LCB و CB ۸۳

جدول ۵-۱۴ مقایسه نتایج آزمایش تیرهای LCB-NSM و CB-NSM ۸۴

جدول ۵-۱۵ مقایسه نتایج آزمایش تیرهایD-LCB-NSM-P-U وD-CB-NSM-U ۸۴

جدول ۵-۱۶ بررسی و مقایسه ظرفیت خمشی تیرها حاصل از آزمایش و حاصل از روابط آیین نامه ACI440.2R-02 ۸۸

چکیده

رفتار خمشی تیرهای بتنی مسلح با سنگدانه لیکا تقویت شده به وسیله میلگردهای GFRP[1] به روش NSM [2]

کسری مومنی نژاد

پلیمر های تقویت شده به وسیله الیاف FRP[3] به عنوان یک جایگزین برای روش های مقاوم سازی قدیمی مانند چسباندن صفحات فولادی , افزایش سطح مقطع و پیش تنیدگی خارجی برای سازه های بتنی پدیدار شده است . با اتصال کامپوزیت به زیر و وجوه تیرهای بتنی و ستون های بتن آرمه، ضمن افزایش مقاومت خمشی، برشی و فشاری عضو بتن آرمه و استحکام بیش از پیش آن‌ها، مشکلات ناشی از آسیب های قبلی نیز جبران می‌شود. اما جدا شدگی سریع این کامپوزیت از سطح بتن پس از اتصال آن جهت مقاوم سازی و در ضمن باربری، مهم‌ترین مشکل در بهره گیری از این ماده به منظور تقویت سازه های بتنی است. متاسفانه این مشکل آیین نامه‌های معتبر دنیا را به سمتی هدایت نموده که حداکثر استفاده‌ای قریب به ۵۰ درصد از ظرفیت اسمی این کامپوزیت‌ها در سازه را مجاز و ممکن بدانند.

به طور کلی در تقویت خمشی تیر بتن آرمه با FRP مدهای گسیختگی را می توان به دو بخش تقسیم نمود, ۱- گسیختگی در تیر بتنی تقویت نشده ۲- گسیختگی در تیر تقویت خمشی شده با FRP . گسیختگی های خمشی تیر معمولی بتن آرمه شامل ۱- گسیختگی نرم (تسلیم آرماتور)۲- گسیختگی ترد (خرد شدگی بتن) است و همان طوری که می دانیم در گسیختگی نرم ابتدا آر ماتور کششی تسلیم می شود , سپس به تدریج ناحیه فشاری بتن خرد می شود و در گسیختگی ترد بدون اخطار قبلی و ناگهانی قبل از تسلیم آرماتور کششی ناحیه فشاری بتن خرد می شود که بایستی جلوی این مد خطرناک توسط طراح گرفته شود. در مورد مود های شکست FRP دو مود اصلی وجود دارد که شامل گسیختگی مصالح FRP و شکست زود هنگام و ناگهانی تیر های خمشی تقویت شده با این مصالح در اثر جدا شدن ناگهانی مصالح FRP از بتن و یا همراه با پوشش بتن در ناحیه ی کششی تیر می باشد . در نتیجه در این پایان نامه با طرح ریزی و اجرای یک برنامه ی آزمایشگاهی، محاسباتی سعی شد تا از وقوع شکست های زود هنگام جلوگیری شده تا بتوان از حداکثر ظرفیت تقویت استفاده نمود. لذا در مجموع ۱۴ تیر بتن مسلح با بتن سبک خود تراکم حاوی لیکا و ۳ تیر بتنی مسلح حاوی بتن معمولی, به نحوی محاسبه و ساخته شدند, که ظرفیت خمشی (در وجه کششی) آنها به مراتب کمتر از ظرفیت برشی آنها باشد تا بعد از تقویت خمشی در وجه کششی شاهد شکست های برشی نباشیم. سپس روش های مختلفی برای تقویت انتهای میلگرد های طولی GFRP و همچنین تقویت برشی پوشش بتن در ناحیه کششی تیر به کار گرفته شد تا از وقوع شکست های زود هنگام و ناگهانی تیر های بتنی مسلح تقویت شده با میلگرد های طولی GFRP به روش NSM جلوگیری شود. تیر های تست شده در بخش آزمایشگاهی با روابط ارائه شده از سوی آیین نامه ACI محاسبه شده و مقادیر بار برای آنها بدست آمده و با مقادیر آزمایشگاهی مقایسه شدند . بکارگیری روش های مختلف برای تقویت انتهای میلگرد های طولی GFRP در وجه کششی سبب گردید تا در برخی از تیر ها ظرفیت باربری نهایی و خیز نهایی نسبت به تیر های کنترلی بدون تقویت به ترتیب به میزان ۵۴ درصد و ۱۲۵ درصد افزایش پیدا کند.

1- Near Surface Mounting

2- Glass fiber reinforced Polymer

3- Fiber Reinforce Polymer

Behavior of flexural reinforced concrete containing light weight aggregate strengthed with GFRP by NSM method

Kasra momeni nejad

Abstract:

The fiber reinforced polymers FRP as a retrofit replacement for traditional methods such as bonding steel plates increase surface area and external prestressing concrete has emerged. Connecting the composite concrete beams and columns of RC (reinforced concrete) funds, while increasing resistance to bending, shear and compressive strength of reinforced concrete members than ever before, the problems caused by previous injury compensation but faster individuation of the composite surface after connecting it to the concrete reinforcement and also burberry, the main difficulty in taking advantage of this provision is to reinforce concrete structures. Unfortunately, this side led to laws around the world that use about 50 percent of the maximum capacity allowed by the composite structure may know.

Generally, in flexural strengthening of reinforced concrete (RC) beam with FRP, rupture modes can be divided in two parts, rupture in non-strengthened beams and rupture in strengthened beams with FRP. Flexural rupture of RC beams includes: flexible rapture (reinforcing bar failure) and brittle rupture (concrete crushing), FRP rupture materials and premature and unwanted failures of strengthened beams with this material due to abrupt debonding of FRP materials from concrete surface or with concrete tensile cover are main modes of strengthened beam failure with FRP. The thesis is the design and implementation of a program of experimental, computational tried to prevent the occurrence of early failures and could be strengthening capacity and in that 14 RC beams containing Lightweight concrete and 3 RC beams containing normal concrete Were made to the calculation method of flexural capacity (in draft mode), they are far less than the shear capacity after flexural strengthening in the tensile face shear traction control failures. By strengthening compressive zone and concrete cover in tensile zone simultaneously, brittle rupture in compressive zone and also abrupt debonding of GFRP reinforced bar from concrete in tensile zone can be prevented, and load carrying capacity and flexibility) in these beams in comparison to control beams were increased 54%, 125% respectively.

فصل اول

مقدمه

فصل ۱ مقدمه

۱-۱ مقاوم سازی و اهداف آن

مقاوم سازی را می توان افزایش ظرفیت باربری سازه دانست . کـه در مـواردی از قبیـل تغییـر کـاربری سـازه , تعمیـر عیـوب, جلوگیری از خطرات ناشی از زلزله و برآورد کردن ضوابط آیین نامه های جدید امری ضروری به نظر میرسد . در مقاوم سازی به دنبال تغییر پارامترهای پاسخ طراحی هستیم, این پارامتر ها شامل افزایش مقاومت, افزایش سختی, کاهش تغییر مکان , افزایش شکل پذیری و افزایش جذب انرژی می باشند.[۱]

۱-۱-۱ مقاوم سازی با مصالح FRP

امروزه یکی از روش های متداول و مرسوم برای مقاوم سازی و یا ترمیم سازه های بتنی مسلح استفاده از کامپوزیت هـای FRP می باشد. به نظر اکثر متخصصان FRP را باید مصالح ساختمانی هزاره سوم نامید. این مصالح با داشـتن ویژگـی هـای ممتـازی چون نسبت زیاد مقاومت به وزن ،دوام در برابر خوردگی ، سرعت و سهولت در حمل ونصب و اضافه کـردن حـداقل سـختی بـه عضو تقویت شده دریچه ای نو پیش روی مهندسان گشوده است ، به گونه ای که امروزه سازه های متعددی در سراسـر دنیـا بـا استفاده از FRP تقویت شده اند[۴-۲]

۱-۲ کلیات طرح مسئله

تقویت خمشی تیر های بتنی مسلح با میلگرد های طولی FRP در وجه کششی یکی از موارد پر کاربرد مقاوم سازی با مصـالح FRP می باشد. علی رغم مزایای متعدد این مصالح تقویت کننده، این نوع تقویت دارای معایبی است که در صورت بی توجهی و برطرف نکردن آنها می تواند مشکلات اساسی در بحث شکل پذیری ایجاد کند. شکست زودهنگام و ناگهانی تیرهـای خمشـی تقویت شده با این مصالح در اثر جداشدن ناگهانی آنها از بتن و یا همراه با بخشی از پوشش بتن در ناحیه کششی تیـر از جملـه این معایب و مشکلات است که در سالیان اخیر مطالعات آزمایشگاهی، تئوری و مدل سازی زیادی بر روی جلوگیری از این نـوع شکست ها انجام شده است. با وجود حجم زیاد این نوع مطالعات هنوز هم نیاز به مطالعات بیشتر برای دسـتیابی بـه یـک طـرح اصولی و بهینه در این نوع تقویت ضروری به نظر می رسد.[۹-۵]

۳-۱ اهداف کلی طرح

کامپوزیت های FRP به شکل میلگرد و ورق موجود می باشند که هر نوع می تواند از جنس آرامیدی (AFRP)، کربنی (CFRP) و شیشه ای (GFRP) باشد. در این پایان نامه از میلگرد های FRP به عنوان راهکاری برای تقویت خمشی تیرهای بتنی استفاده شده است. در تقویت تیرهای بتن آرمه با میلگرد های FRP در وجه کششی جدا شدن این میلگردها از تیر بتنی متداول ترین نوع شکست در این نوع تقویت می باشد. در این پایان نامه، تلاش شده است برای جلوگیری از شکست ناشی از جداشدن میلگرد تقویت کننده FRP از تیر بتنی راهکار هایی ارائه شود، که در این زمینه روش های مختلفی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته اند . هدف کلی این پایان نامه افزایش ظرفیت خمشی تیرهای بتن مسلح حاوی بتن سبک خود تراکم با سنگدانه لیکا به وسیله تقویت با میلگرد GFRP و همچنین جلوگیری از شکست زود هنگام تیرها در هنگام بارگذاری خمشی بوده است. برای این منظور ۱۴ تیر بتن مسلح حاوی بتن سبک خود تراکم با سنگدانه لیکا به نحوی طراحی و ساخته شدند که ظرفیت برشی آنها بیشتر از ظرفیت خمشی آنها باشد تا پس از تقویت خمشی دچار شکست برشی نشوند . برای ارزیابی صحت آزمایش های صورت گرفته برای هر طرح ۲ تیر بتن مسلح حاوی بتن سبک خود تراکم با سنگدانه لیکا ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفت .

۴-۱ مطالعات گذشته

در زمینه تقویت تیرهای بتن آرمه با میلگرد های FRP برخی از محققین مطالعات آزمایشگاهی و تئوری زیادی انجام داده و روابطی را نیز ارائه کرده اند. در این پایان نامه با استفاده از برخی از این روابط همراه با روابط ارائه شده توسط آیین نامه های بتن آمریکا (ACI) ظرفیت خمشی و خیز نهایی تیرها محاسبه شده و نتایج حاصله با نتایج آزمایشگاهی و مطالعات تئوری مقایسه گردیده اند.

۵-۱ ساختار پایان نامه

این پایان نامه شامل ۴ فصل است که بخش اول آن به معرفی کامپوزیت FRP و بتن سبک خودتراکم حاوی لیکا پرداخته شده است . در بخش دوم به طور خلاصه پیشینه ایی از مقاوم سازی تیرهای بتن آرمه بیان شده است . بخش سوم شامل روش های تقویت خمشی تیرهای بتن مسلح به وسیله میلگرد های GFRP می شود. بخش آخر هم شامل بررسی نتایج حاصل از انجام آزمایش و همچنین مقایسه این نتایج با آیین نامه ACI میباشد.

فصل دوم

آشنایی با کامپوزیت FRP و بتن سبک خودتراکم حاوی لیکا

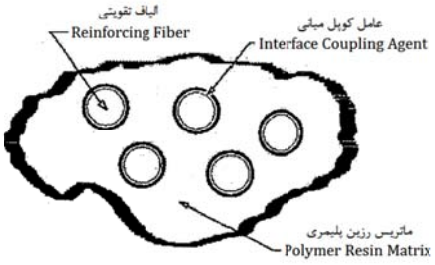
فصل ۲ مروری بر کامپوزیت FRP و بتن خودتراکم حاوی لیکا

۲-۱ کامپوزیت FRP

کامپوزیت به ماده ای اطلاق می شود که از دو یا چند ماده مجزا با نواحی قابل تشخیص و تفکیک از یکدیگر و یک سطح مشترک و در پاره ای موارد یک ناحیه واسط تشکیل می شود. برای افزایش چسبندگی الیاف یا فیبر تقویتی با ماتریس رزین معمولاً از اصلاح سطحی استفاده می شود. چوب را می توان یک کامپوزیت طبیعی در نظر گرفت و در یک نگاه کلی تر بتن آرمه نیز یک نوع کامپوزیت و متشکل از اجزای متمایز است. مصالح FRP نیز یک نوع کامپوزیت محسوب می شوند. عملکرد یک کامپوزیت به مواد سازنده آن، نسبت آنها، ظرفیت باربری فیبر یا الیاف تقویتی، نحوه قرارگیری آنها و رفتار توأم مواد سازنده با یکدیگر بستگی دارد. عملکرد فیبر تقویتی تحت تأثیر جهت قرارگیری، طول فیبر، شکل آن، ترکیب آن با رزین و چسبندگی بین آن دو می باشد. فیبر یک جهته، غیر ایزوتروپیک (ناهمسانگرد) می باشد و مقاومت و مدول آن در راستاهای مختلف متفاوت است. البته فیبر سه جهته همسانگرد نیز وجود دارد ولی مقاومت آن نسبت به حالت تک جهته ی ناهمسانگرد کمتر است و به طور کلی خواص مکانیکی فیبر در یک جهت بستگی به مقدار فیبر در آن جهت دارد [۱۱].

۲-۱-۱ FRP چیست ؟

FRP نوعی کامپوزیت است که متشکل از دو بخش فیبر تقویتی و ماتریس (کـه معمـولاً پلیمـر اسـت) مـی باشـد. FRP از اواسط دهه ۵۰ در سازه های بتن آرمه استفاده شد (در سال ۱۹۵۴ توسط Rubinsky [۱۲]). امروزه FRP به اشکال مختلف به صورت کابل ها، شبکه های دو بعدی و سه بعدی ، به صورت صفحه و ... به کار می رود. این کامپوزیت اثر تقویتی بهتر یـا بـه همان اندازه صفحات فلزی، تاندون های پیش تنیده وصفحات چسبیده شده دارد.



شکل ۲-۱ ترکیب الیاف و رزین تشکیل دهنده FRP [۱۳]